

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 66 (1968)

Heft: 11

Artikel: Fallwinkelmessung aus Luftbildern

Autor: Danial, Naguib F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-222319>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik

Revue technique Suisse des Mensurations, de Photogrammétrie et du Génie rural

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungs-
wesen und Kulturtechnik; Schweiz. Gesellschaft für
Photogrammetrie; Fachgruppe der Kulturingenieure des
SIA

Editeurs: Société suisse des Mensurations et Amélio-
rations foncières; Société suisse de Photogrammétrie;
Groupe professionnel des Ingénieurs du Génie rural de
la SIA

Nr. 11 · LXVI. Jahrgang

Erscheint monatlich

15. November 1968

DK 551.243:528.7

Fallwinkelmessung aus Luftbildern

Naguib F. Danial

1. Einleitung

In der Photogeologie tritt oft das Bedürfnis auf, Neigungswinkel der schichtigen Gesteine (Fallwinkel) aus den Luftbildern zu ermitteln. Die Genauigkeit, mit der diese Fallwinkel ermittelt werden sollen, sollte derjenigen Genauigkeit entsprechen, mit der diese Winkel im Feld mit einfachen Instrumenten (zum Beispiel Geologenkompaß) gemessen werden können. Die Verwendung von genauen photogrammetrischen Auswertegeräten ist für diesen Zweck unwirtschaftlich. Man verwendet deshalb einfache Instrumente und Verfahren.

Zur rationellen Ermittlung von Neigungswinkeln freigelegter Schichten wurden handliche Spezialinstrumente gebaut (vgl. [4]). Manche enthalten einen, nach dem Prinzip der Meßmarke gebauten Meßstrich, den man kippen und drehen kann, bis er parallel zum Gelände liegt. Andere Instrumente besitzen eine kippbare Ebene, welche in Berührung mit dem Gelände gebracht werden kann. Die Neigung des Meßstriches oder der kippbaren Ebene kann dann gemessen werden. Sie gibt aber nicht den tatsächlichen Neigungswinkel des Geländes, sondern einen scheinbaren Fallwinkel, der reduziert werden muß, um den wahren Fallwinkel zu bekommen. Der Reduktionsfaktor ist von verschiedenen Elementen abhängig und kann nicht eindeutig erfaßt werden.

Für höhere Genauigkeiten können Höhenwinkel aus Höhenunterschieden und horizontalen Distanzen bestimmt werden. Man ermittelt die Höhenunterschiede aus Parallaxmessungen mit dem Stereometer. Horizontale Distanzen in flachem Gelände mißt man direkt aus den Luftbildern. In gebirgigem Gelände werden die horizontalen Distanzen graphisch ermittelt (vgl. [2]).

Meistens sind die Gesteinsschichten nicht freigelegt. Sie stoßen wegen der Topographie in parallelen Zickzackbändern an die Oberfläche des Geländes. Der Fallwinkel δ in Fig. 1 kann dadurch ermittelt werden,

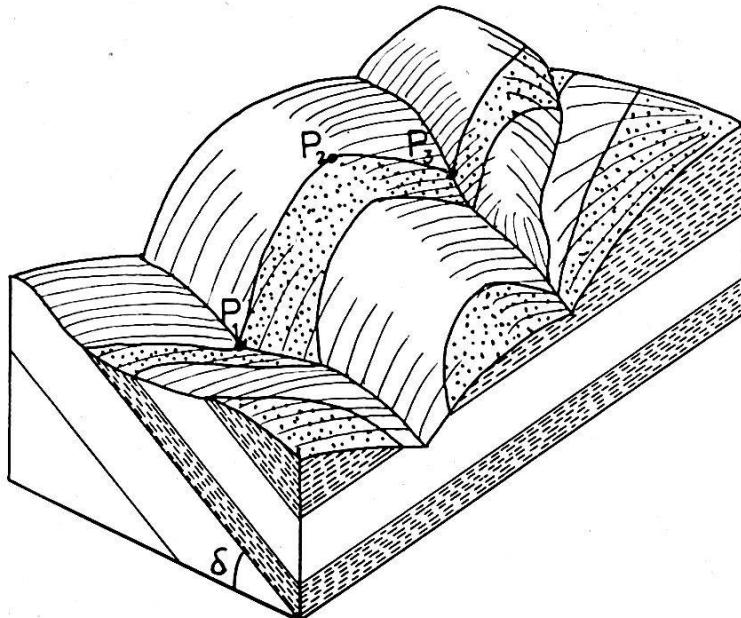


Fig. 1

daß man drei Punkte P_1 , P_2 und P_3 auf derselben Schicht wählt und die Neigung der dadurchgehenden Ebene bestimmt. Dafür verwendet man eines der zwei bekannten graphischen Verfahren nach Wallace [5] und Porshnyakov [3]. Das erste Verfahren benötigt viele Winkelmessungen aus den Photos, die in komplizierter Weise in einem stereographischen Netz weiter bearbeitet werden. Das zweite Verfahren ist einfacher, benötigt aber ein großes Stück durchsichtiges Papier (etwa $1\text{ m} \times 1\text{ m}$), was die Brauchbarkeit der Methode stark herabsetzt.

Eine Möglichkeit für eine neue graphische Methode zeigt die folgende Lösung.

2. Theoretische Behandlung des Problems

Wie bei allen anderen Verfahren setzen wir auch voraus, daß die Flughöhe konstant ist und daß im Moment der Aufnahme die Kammerachse genau senkrecht steht. Natürlich trifft diese Annahme nur zufälligerweise zu. Die Abweichungen von diesem Idealfall dürften nach dem heutigen Stand der Flug- und Instrumententechnik sehr klein sein. Ihre Einflüsse auf die Messungen für den Zweck der Interpretation können vernachlässigt werden.

Fig. 2 zeigt im Aufriß und Grundriß die von beiden Aufnahmeorten O_L und O_R auf ein geneigtes ebenes Dreieck $P_1 P_2 P_3$ fallenden Strahlen. Diese Strahlen schneiden die Positivebene in den Punkten p_1' , p_2' und p_3' im linken und p_1'' , p_2'' und p_3'' im rechten Bild. Verlängert man eine Dreieckseite, zum Beispiel $P_1 P_2$ sowie deren entsprechenden Abbildungen $p_1' p_2'$ und $p_1'' p_2''$, so treffen sich diese drei Linien in einem Punkt C_{12} . Ähnlich bekommen wir die zwei Punkte C_{13} und C_{23} . Diese C -Punkte müssen auf einer geraden Linie, der C -Linie, liegen. Sie stellt die Schnittgerade der geneigten Ebene $P_1 P_2 P_3$ mit der Positivebene der Luftbilder dar.

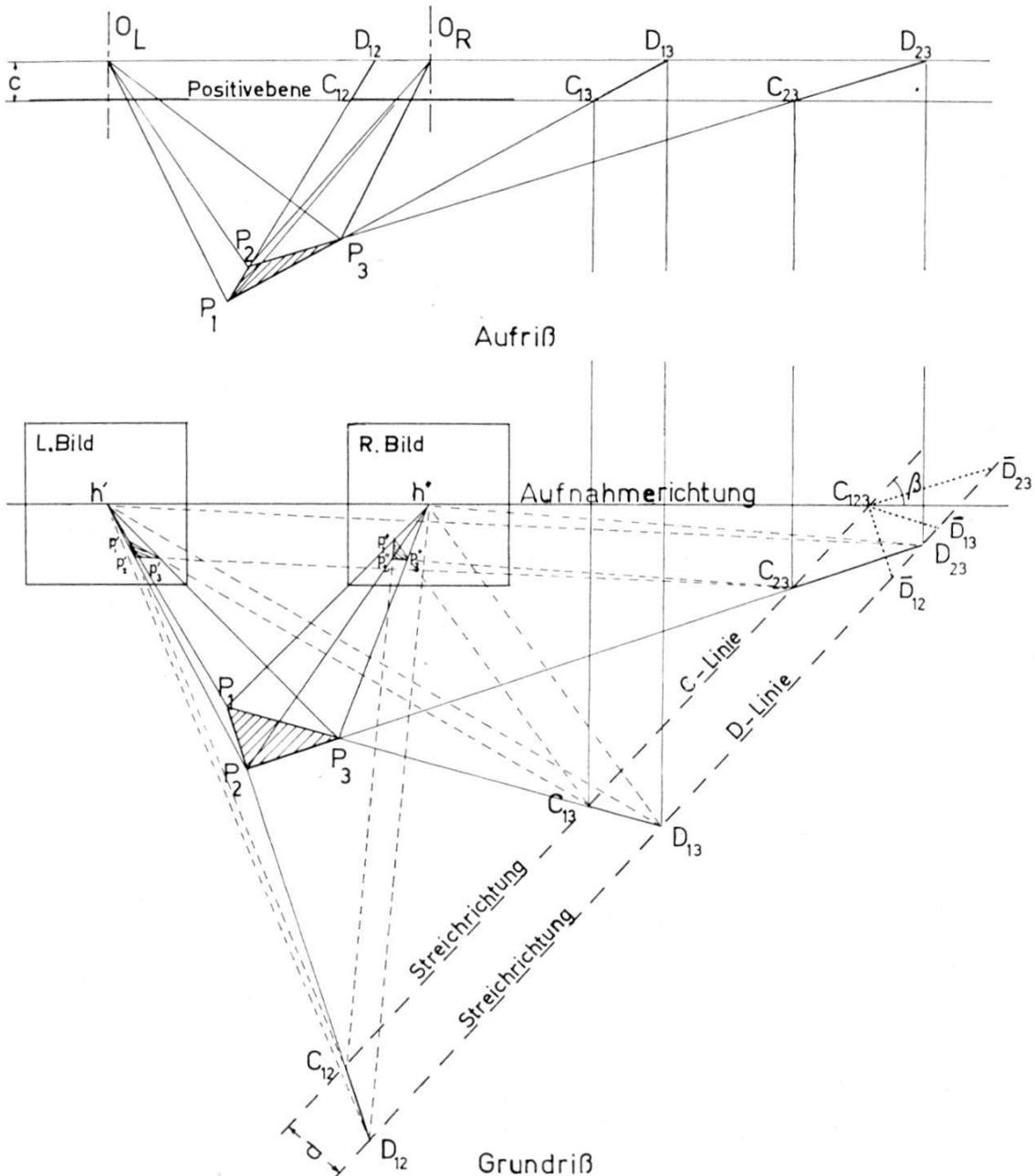


Fig. 2

Verlängert man die Seite $P_1 P_2$ nochmals und zieht man die Parallelen zu den Abbildungen $p_1' p_2'$ und $p_1'' p_2''$ von den Hauptpunkten h' und h'' des linken beziehungsweise rechten Bildes, so treffen sich diese drei Linien in einem Punkt D_{12} .

In ähnlicher Weise werden die Punkte D_{13} und D_{23} bestimmt. Es ist leicht zu erkennen, daß diese D -Punkte auf einer geraden Linie, der D -Linie, liegen müssen. Diese D -Linie stellt der Schnittgerade der Ebene $P_1 P_2 P_3$ mit der, durch die Aufnahmeorte gehende horizontale Ebene dar. Es ist ersichtlich, daß die C - und D -Linien parallel verlaufen müssen.

Sind die C - und D -Linien bestimmt worden, so läßt sich der Neigungswinkel δ der Ebene $P_1 P_2 P_3$ errechnen aus

$$tg \delta = \frac{\text{Höhenunterschied zwischen beiden Linien}}{\text{horizontale Distanz zwischen beiden Linien}}$$

Der Höhenunterschied zwischen beiden Linien ist nichts anderes als die Brennweite c der Aufnahmekammer. Die horizontale Distanz ist der Abstand d zwischen ihnen. Er kann einer maßstäblichen Zeichnung entnommen werden. Damit wird

$$\delta = \arctg \frac{c}{d}$$

3. Praktische Lösung

Die Bestimmung des horizontalen Abstandes d bildet das Hauptproblem. Zeichnet man den ganzen Grundriß, wie in Fig. 2 angegeben ist, so würde die Zeichnung zu groß, und damit verliert die Methode ihre Vorteile.

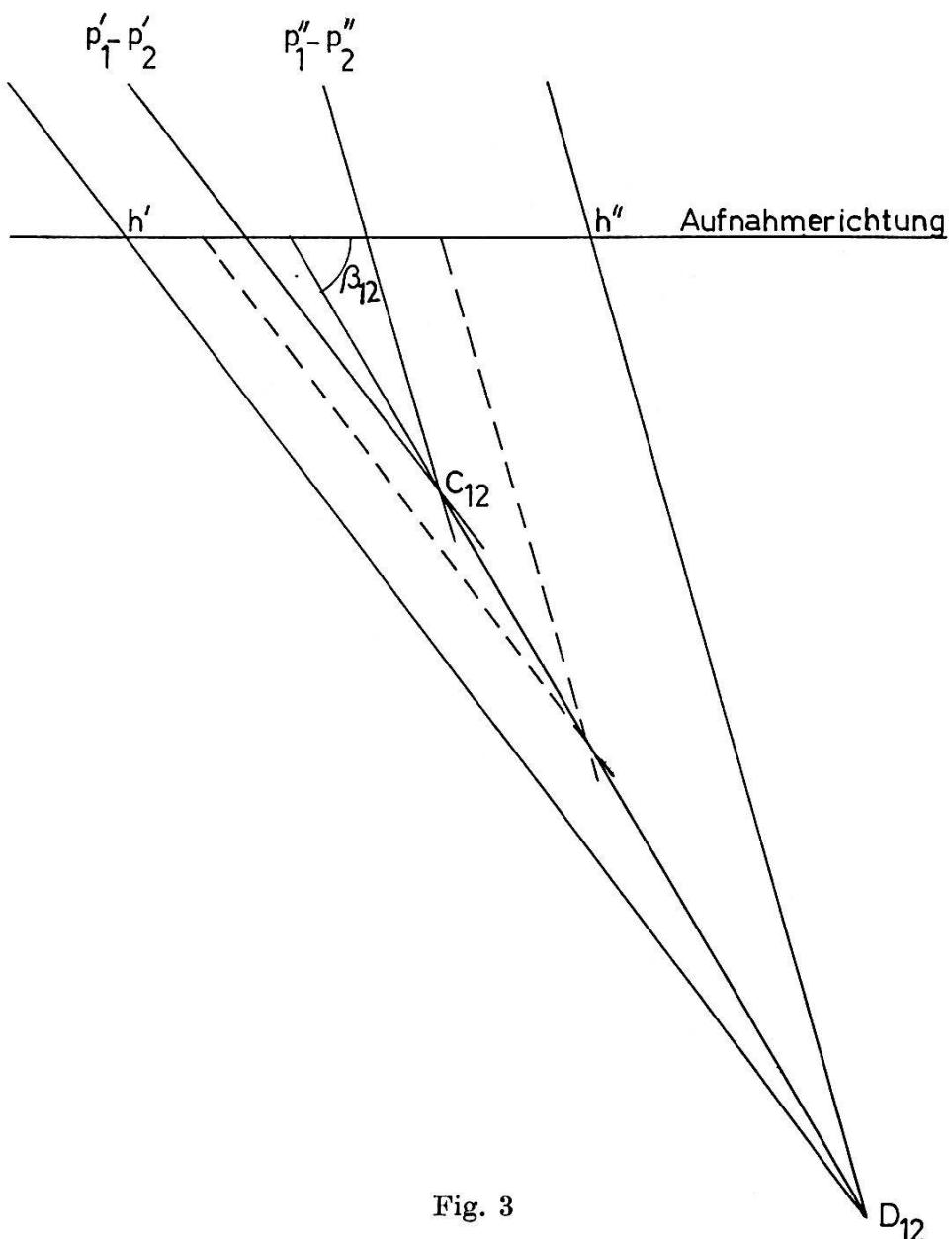


Fig. 3

Für eine praktische Lösung denke man sich, daß die *CD*-Distanzen parallel zu sich so verschoben werden, daß sich alle *C*-Punkte in einem Punkt vereinigen. Dieser Punkt ist in Fig. 2 als der Schnittpunkt C_{123} der *C*-Linie mit der Aufnahmerichtung gewählt. Die von diesem Punkt zu $C_{12}D_{12}$, $C_{13}D_{13}$ und $C_{23}D_{23}$ gezogenen Parallelen schneiden die *D*-Linie in den Punkten \bar{D}_{12} , \bar{D}_{13} und \bar{D}_{23} . Damit wird $C_{123}\bar{D}_{12} = C_{12}D_{12}$, $C_{123}\bar{D}_{13} = C_{13}D_{13}$ und $C_{123}\bar{D}_{23} = C_{23}D_{23}$. Die Figur $C_{123}\bar{D}_{12}\bar{D}_{13}\bar{D}_{23}$ kann dann gezeichnet werden. Die vom Punkt C_{123} auf der *D*-Linie gefällte Senkrechte $C_{123}D$ (Fig. 4) gibt den gesuchten horizontalen Abstand d .

Nun beschränkt sich die Aufgabe darauf, die Distanzen $C_{12}D_{12}$, $C_{13}D_{13}$ und $C_{23}D_{23}$ sowie ihre Richtungen β_{12} , β_{13} und β_{23} in bezug auf irgend-eine Richtung, sagen wir die Aufnahmerichtung, zu ermitteln. Für diesen Zweck folgt man dem vom Verfasser [1] beschriebenen graphischen Verfahren, das im folgenden kurz zusammengefaßt ist:

1. Die Luftbilder werden gegenseitig orientiert unter dem Spiegel-stereoscope für die stereographische Betrachtung.
2. Man wählt zwei Punkte P_1 und P_2 auf dem Gelände, die der Neigung entsprechen, und markiert sie in beiden Bildern.
3. Man lege ein durchsichtiges Papier (10×20 cm) auf das linke Bild, zeichne darauf die Aufnahmerichtung und die durch $p_1'p_2'$ gehende Linie sowie dessen Parallele vom Hauptpunkt h_1' (siehe Fig. 3).
4. Man lege das Papier auf das rechte Bild und drehe es, bis die Aufnahmerichtungen sich decken. Man zeichne die durch $p_1''p_2''$ gehende Linie und dessen Parallele vom Hauptpunkt h_2'' .

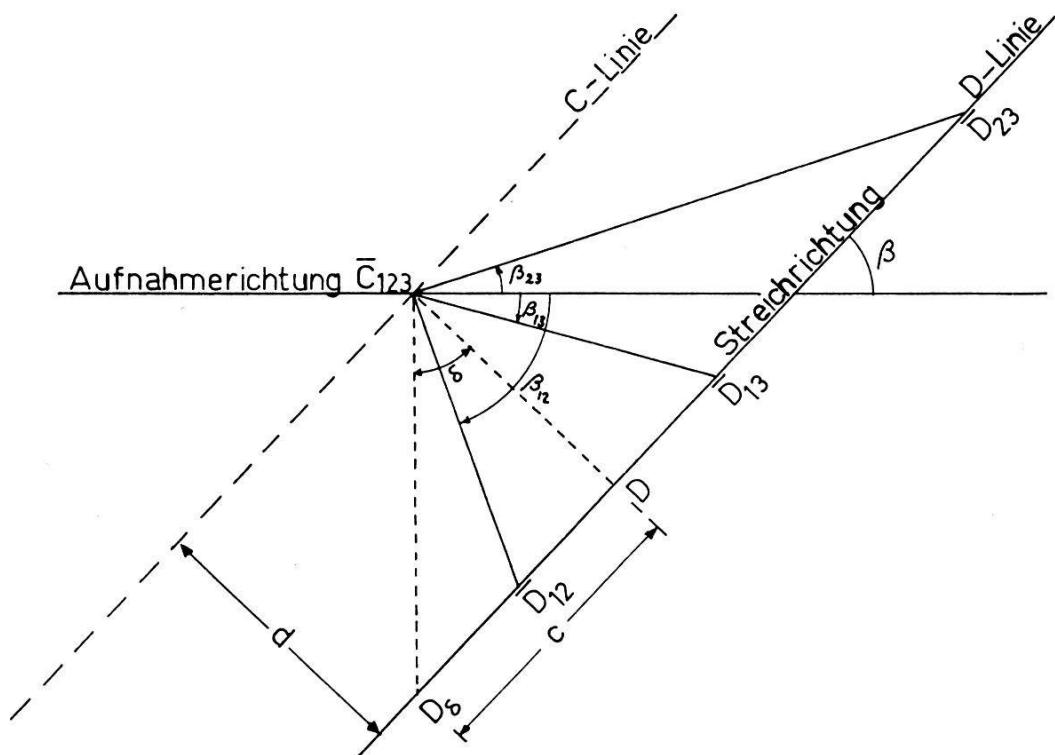


Fig. 4

5. Die Linien, die durch $p_1' p_2'$ und $p_1'' p_2''$ gehen, sowie ihre entsprechenden Parallelene schneiden sich in den Punkten C_{12} , D_{12} der Reihe nach.
6. Liegt ein Schnittpunkt außerhalb des Papiers, so wird die Zeichnung, genannt *CD*-Diagramm, mit einem reduzierten Maßstab gezeichnet.
7. Die Linie $C_{12} D_{12}$ schneidet die Aufnahmerichtung mit dem Winkel β_{12} . Die Distanz $C_{12} D_{12}$ sowie die Richtung β_{12} können jetzt gemessen werden.

Wiederholt man dieses Verfahren für die Seiten $P_1 P_3$ und $P_2 P_3$, so bekommt man die Größen $C_{13} D_{13}$ und $C_{23} D_{23}$ sowie β_{13} und β_{23} . Damit sind alle Daten bekannt, um Fig. 4 zu konstruieren.

Wegen Zeichnungsfehler oder vorhandener Neigungen in den Luftbildern werden die drei Punkte D_{12} , D_{13} und D_{23} normalerweise nicht auf einer Geraden liegen*. Man sucht die beste Gerade aus, die durch diese *D*-Punkte geht. In dieser graphischen Ausgleichung achtet man darauf, daß die *D*-Punkte, die den kurzen *CD*-Distanzen gehören (steilen Seiten des Dreieckes), größere Gewichte haben müssen.

Will man den Neigungswinkel zeichnerisch ermitteln, so trägt man die Kammerkonstante c auf der *D*-Linie vom Punkt D bis Punkt D_δ und verbindet D_δ mit C_{123} , so wird

$$D_\delta C_{123} D = \delta$$

*Theoretisch genügen zwei Seiten beziehungsweise zwei *CD*-Diagramme, um den Abstand d zu bestimmen. Mit dem dritten *CD*-Diagramm ist Fig. 4 überbestimmt. Damit hat man eine Kontrolle für die Arbeit.

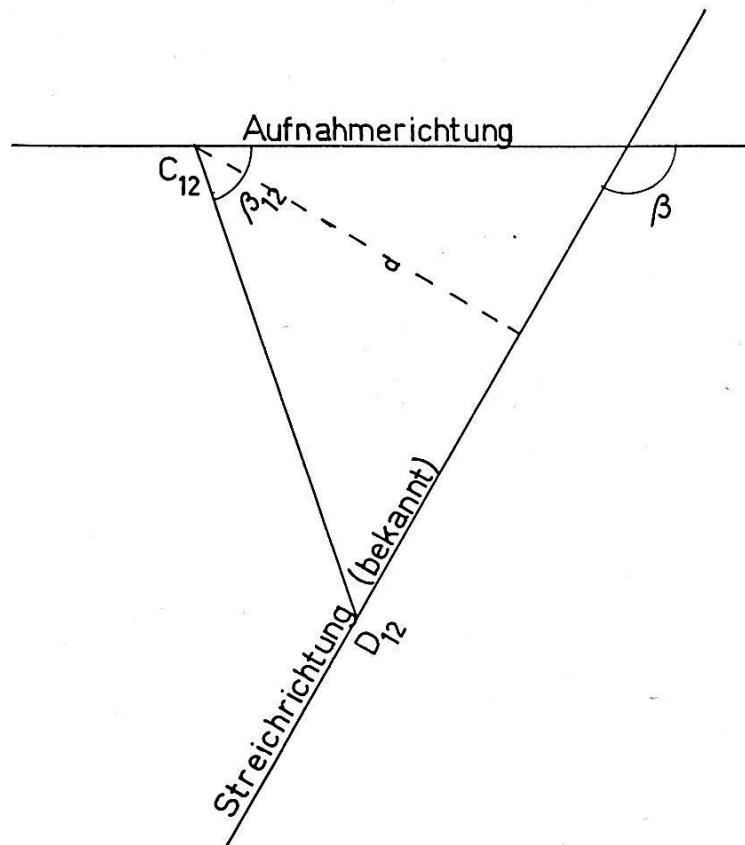


Fig. 5

4. Spezialfall

Ist die Streichrichtung β bekannt, so vereinfacht sich die Lösung. In diesem Fall genügt ein *CD*-Diagramm für eine Seite, zum Beispiel $P_1 P_2$, um das Problem zu lösen, wie Fig. 5 zeigt. Vom erhaltenen Punkt D_{12} wird eine Parallelle zur Streichrichtung gezogen. Sie gibt die *D*-Linie. Der Abstand d kann man auf zwei Arten ermitteln, nämlich

- direkt aus der Zeichnung, oder
- rechnerisch aus der Gleichung $d = \overline{C_{12}D_{12}} \sin(\beta - \beta_{12})$

Wiederholt man das Verfahren mit einer anderen Seite, so ergibt sich eine Kontrolle für die Arbeit.

Die Streichrichtung ist leicht zu ermitteln, wenn ein Stereometer vorhanden ist. Man sucht zwei Punkte auf derselben Schicht, die dieselbe Parallaxe besitzen. Nachdem die Meßmarke auf den ersten Punkt gewandert ist, verschiebt man das Stereometer auf einen zweiten Punkt derselben Schicht, ohne das Mikrometer zu verstellen. Die Verbindungsline beider Punkte gibt die Streichrichtung. Sie schneidet die Aufnahmerichtung im Winkel β .

5. Zusammenfassung

Die in diesem Artikel beschriebene Methode gründet sich auf die Tatsache, daß bei senkrechten Aufnahmen eine geneigte Ebene die Positiv-ebene sowie die horizontale Ebene, die durch die Aufnahmeorte geht, in zwei parallelen Linien schneidet. Das Verhältnis zwischen der Brennweite der Aufnahmekammer und dem horizontalen Abstand beider Linien gibt die Tangente des Fallwinkels dieser Ebene.

Summary

The method described in this paper is based on the fact that any inclined plane, if extended, will cut the positive plane of the photographs (vertical photography) and the horizontal plane through both camera stations in two parallel lines. The ratio of the principal distance of the taking camera to the horizontal distance between these two parallel lines is then equal to the tangent of the angle of dip of the inclined plane.

Literatur

- [1] *Danial, N. F.*: A simplified graphical method for measuring vertical angles from aerial photographs. *Photogrammetria*, 21 (1966) 57–61.
- [2] *Mekel, J. F., Savage, J. F., Zorn, H. C.*: Slope measurement and estimates from aerial photographs. I.T.C. Publ. B 26, Delft, 1964.
- [3] *Porshnyakov, G. S.*: The determination of Dip and Strike from aerial photographs. *Vestnik Leningradskoje Universiteta*, 1959, No. 12 (in [2] wiedergegeben).
- [4] *Ray, R. G.*: Aerial photographs in Geologic Interpretation and Mapping. Geological survey professional paper 373. United States Government Printing Office, Washington 1960.
- [5] *Wallace, R. E.*: Determination of Dip and Strike by indirect observations in the field and from aerial photographs. *Jour. Geol.* vol. 58 (1960) 269–280. (in [2] wiedergegeben).